

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 533 536 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
06.03.1996 Bulletin 1996/10

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B07C 3/00**

(21) Numéro de dépôt: **92402474.8**

(22) Date de dépôt: **10.09.1992**

**(54) Procédé de tri d'objets**

Sortiervverfahren

Object sorting method

(84) Etats contractants désignés:  
**DE FR GB IT NL**

(30) Priorité: **18.09.1991 FR 9111510**

(43) Date de publication de la demande:  
**24.03.1993 Bulletin 1993/12**

(73) Titulaire:  
**COMPAGNIE GENERALE D'AUTOMATISME CG  
A-HBS  
F-91220 Brétigny sur Orge (FR)**

**(72) Inventeurs:**

- **Lagrange, Hervé  
F-75015 Paris (FR)**
- **Harrouet, Patrick  
F-92220 Bagneux (FR)**

(74) Mandataire: **Pothet, Jean Rémy Emile Ludovic  
c/o SOSPI  
14-16 rue de la Baume  
F-75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**FR-A- 2 555 474  
GB-A- 2 225 999**

**FR-A- 2 565 852**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**EP 0 533 536 B1**

## Description

La présente invention concerne un procédé de tri d'objets, et en particulier de tri de courrier dans un centre postal.

Dans toute la suite, on prendra comme exemple de tri celui du courrier. Toutefois, le lecteur comprendra bien entendu que cet exemple n'est pas limitatif et que le procédé selon l'invention s'applique au tri d'objets quelconques.

La généralisation du traitement automatique du courrier a entraîné la réalisation de machines de tri pour de petits centres de tri réalisant ce que l'on appelle le tri-acheminement et le tri-distribution, qui est le dernier tri à effectuer avant la distribution du courrier aux usagers par les préposés. Ce tri-distribution est d'ailleurs également appelé préparation de la tournée du facteur. Dans les machines initialement conçues, le courrier est réparti en un certain nombre de destinations, et chaque destination est associée à un réceptacle de la machine.

A la suite des nombreux problèmes posés par la taille et l'encombrement de ces machines, une optimisation du nombre de destinations de tri, et donc du nombre de réceptacles de la machine a été effectuée. On a ainsi diminué le nombre de réceptacles de la machine, ce qui a conduit à augmenter le nombre de passes de tri, c'est-à-dire le nombre de fois où le courrier est réintroduit dans la machine après avoir subi un tri. En effet, à cause de la diminution de la quantité de réceptacles, il n'est plus possible d'affecter un réceptacle à chaque destination finale du courrier (c'est-à-dire à chaque adresse, par exemple). Il est donc nécessaire de regrouper les destinations par ensembles, et même de regrouper les ensembles par groupes d'ensembles, chaque groupe pouvant alors être affecté à un réceptacle.

Préparer la tournée du facteur signifie trier et ranger le courrier suivant un ordre à respecter scrupuleusement : l'ordonnancement du courrier doit correspondre exactement au trajet réellement suivi par le facteur, et cet ordonnancement doit être impérativement respecté tout au long du processus de tri.

Suivant le nombre de lettres à trier, le nombre de destinations, la méthode de tri choisie, etc..., plusieurs passes de tri successives sont donc prévues et effectuées.

On va maintenant, à l'aide d'un exemple, illustrer le processus opératoire de la préparation de la tournée du facteur. On prend l'analogie suivante : on veut trier les 52 cartes d'un jeu de cartes en respectant les deux critères suivants :

- la valeur des cartes, par exemple dans l'ordre arbitraire croissant suivant : As, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Valet, Dame, Roi,
- la valeur des couleurs, par exemple dans l'ordre suivant : Coeur, Carreau, Pique, Trèfle.

Le tri est réalisé en deux passes.

#### Première passe

La première passe est réalisée en prenant comme critère de tri la valeur des cartes. On utilise donc treize réceptacles. On obtient, par exemple :

Réceptacle 1	Réceptacle 2	Réceptacle 13
As Coeur	2 Pique	Roi Trèfle
As Carreau	2 Trèfle	Roi Coeur
As Trèfle	2 Coeur	Roi Carreau
As Pique	2 Carreau	Roi Pique

On procède ensuite au défilage du jeu disposé dans les réceptacles en respectant l'ordre des réceptacles : Réceptacle 1, Réceptacle 2, ....., Réceptacle 13.

Deuxième passe

La deuxième passe est réalisée en prenant comme critère de tri la valeur des couleurs. On utilise donc quatre réceptacles.

5

	Réceptacle 1	Réceptacle 2 .....	Réceptacle 4
	As Coeur	As Carreau .....	As Trèfle
10	2 Coeur	2 Carreau .....	2 Trèfle
	Roi Coeur	Roi Carreau .....	Roi Trèfle

15

On procède enfin au dépilage du jeu disposé dans les réceptacles en suivant l'ordre des réceptacles et en respectant l'ordonnement des cartes à l'intérieur de chaque réceptacle. On obtient ainsi le classement souhaité.

On comprend donc que deux exigences principales doivent être satisfaites pour que le tri soit correct :

- 20 - ne pas mélanger l'ordre des réceptacles entre les première et deuxième passes et après la deuxième passe,  
- conserver l'ordonnement des cartes à l'intérieur de chaque réceptacle.

Si l'on revient au cas du tri de courrier, le tri doit être effectué en respectant par exemple :

- 25 - le code postal de la ville,  
- le nom de la rue,  
- les numéros dans la rue (ordre décroissant par exemple),  
- la parité des numéros, etc...

30 La tournée d'un facteur comporte en moyenne 3000 lettres et environ 800 points de distribution (appelés également "stops"). Ces 800 points de distribution correspondent par exemple à 800 immeubles ou maisons. Comme on l'a signalé plus haut, si l'on veut effectuer le tri directement en affectant un réceptacle par point de distribution, il faut utiliser une machine très encombrante, qui ne convient pas à un petit centre de distribution comme un bureau de poste local. On limite alors le nombre de réceptacles à 10, ce qui conduit à classer les 800 points de distribution en 8 groupes

35 contenant chacun 10 "grappes" (ou "bunches"). Chaque grappe contient donc 10 points de distribution.

Ainsi, chaque lettre affectée à un point de distribution peut être identifiée par trois nombres entiers : celui du groupe auquel elle appartient, compris entre 1 et 8 et noté g, celui de la grappe à laquelle elle appartient, compris entre 1 et 10 et noté b (pour "bunch"), et celui du point de distribution auquel elle est destinée, compris entre 1 et 10 et noté s (pour "stop"). On notera dans la suite Lgbs la lettre L affectée au point de distribution s de la grappe b dans le groupe g.

40 Le tri doit donc respecter trois critères distincts : il est effectué en trois passes que l'on va brièvement décrire à présent.

Première passe

45 Chaque réceptacle (aussi appelé tasseur ou empileur car les lettres y sont rangées les unes contre les autres en constituant une pile) est affecté à un numéro de stop. En fin de passe, on obtient :

	Réceptacle 1 :	Lgb1 , quels que soient g et b
50	Réceptacle 2 :	Lgb2 , quels que soient g et b
	Réceptacle 10 :	Lgb10 , quels que soient g et b

55

Les lettres contenues dans les réceptacles sont transférées par piles dans un magasin d'approvisionnement de la machine de tri. L'ordre des réceptacles et celui des lettres dans les réceptacles doivent être impérativement respectés.

Seconde passe

Chaque réceptacle est affecté à un numéro de grappe. En fin de passe, on obtient :

5	Ré eptacle 1	Réceptacl 2 .....	Ré eptacle 10
	Lg1,1	Lg2,1 .....	Lg10,1
	Lg1,2	Lg2,2 .....	Lg10,2
10	Lg1,3	Lg2,3 .....	Lg10,3
	Lg1,10	Lg2,10 .....	Lg10,10

15

et ce quel que soit g dans chaque réceptacle.

Les lettres contenues dans les réceptacles sont transférées par piles dans le magasin d'approvisionnement. L'ordre des réceptacles et celui des lettres dans les réceptacles doivent être impérativement respectés.

20

Troisième passe

Chaque réceptacle est affecté à un numéro de groupe. Le tri est donc effectué sur 8 réceptacles, et l'on obtient, en fin de troisième passe :

25

	Réceptacle 1	Réceptacle 2 .....	Réceptacle 8
	L1,1,1	L2,1,1 .....	L8,1,1
30	L1,1,2	L2,1,2 .....	L8,1,2
	L1,1,3	L2,1,3 .....	L8,1,3
35	L1,2,1	L2,2,1 .....	L8,2,1
	L1,2,2	L2,2,2 .....	L8,2,2
40	L1,10,1	L2,10,1 .....	L8,10,1
	L1,10,2	L2,10,2 .....	L8,10,2
	L1,10,10	L2,10,10 .....	L8,10,10

45

Les lettres contenues dans les réceptacles sont enfin dépilées puis rangées. L'ordre des réceptacles et celui des lettres dans les réceptacles doivent être impérativement respectés.

50

En pratique, plusieurs lettres peuvent être identifiées par un seul triplet (g, b, s). Toutefois, le procédé de tri en trois passes ne tient pas compte de la quantité de lettres par point de distribution, et suppose a priori uniforme la répartition des lettres par point de distribution. On comprend donc, et c'est ce qui a été constaté lors de simulations de ce procédé, qu'il peut y avoir débordement d'un ou de plusieurs réceptacles lors de l'une des passes. Un débordement (ou overflow) dans l'une des passes conduit à l'échec du tri final, car, comme on l'a vu, le tri d'une passe est conditionné par le tri de la passe précédente.

55

Le but de la présente invention est donc de réaliser un procédé de tri d'objets, et en particulier de tri d'objets en au moins deux passes, dans des réceptacles de capacité limitée, permettant d'homogénéiser la répartition des objets dans les réceptacles et donc d'éviter les débordements dans les réceptacles lors de l'une des passes.

En particulier, la présente invention a pour objet de répartir équitablement le contenu du courrier dans les réceptacles de dernière passe.

La présente invention propose à cet effet un procédé de tri d'objets en N passes de distribution physique dans R réceptacles d'une machine de tri contrôlée par un moyen de contrôle, N étant au moins égal à deux, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 - lecture et mise en mémoire dans ledit moyen de contrôle d'informations codées portées par lesdits objets, lesdites informations comportant N critères distincts par objet,
- classement en mémoire dans ledit moyen de contrôle desdits objets dans un ordre donné de sorte que chacun desdits objets est affecté à une destination,
- calcul, au sein dudit moyen de contrôle, de la répartition desdits objets dans lesdits réceptacles, lors d'une N-1 -
- 10 - ième passe canonique, c'est-à-dire telle que tous les objets qui ont la même valeur d'un premier desdits critères soient affectés à un même réceptacle,
- calcul, au sein dudit moyen de contrôle, de la répartition desdits objets dans lesdits réceptacles lors d'une N -ième passe canonique telle que tous lesdits objets qui ont la même valeur d'un deuxième desdits critères soient affectés à un même réceptacle et que leur ordre respecte ledit ordre donné,
- 15 - première modification par ledit moyen de contrôle de ladite répartition de ladite N -ième passe canonique, fournissant une répartition de N -ième passe modifiée, telle que le nombre d'objets dans chacun desdits réceptacles soit rendu au plus égal à P, P étant le nombre maximal d'objets que peut contenir chacun desdits réceptacles,
- détermination du contenu de chacun des réceptacles dans lesquels doivent se trouver lesdits objets à la fin d'une N-1 -ième passe provisoire, agencée de manière à permettre ladite répartition de N -ième passe modifiée,
- 20 - seconde modification de ladite répartition de N -ième passe modifiée, fournissant une répartition de N -ième passe définitive, si le contenu de l'un desdits réceptacles dans lesquels doivent se trouver lesdits objets à la fin de ladite N-1 -ième passe provisoire dépasse P, de sorte que l'ordre desdits objets reste semblable audit ordre donné et que la répartition d'une N-1 -ième passe définitive agencée de manière à permettre ladite répartition de N -ième passe définitive conduise à des réceptacles contenant chacun au plus P objets,
- 25 - reprise de toutes les étapes précédentes en remplaçant N par N-1 et N-1 par N-2, et ainsi de suite jusqu'aux deux dernières des passes destinées à être modifiées,
- tri desdits objets par ladite machine selon les répartitions définitives déterminées.

Grâce au procédé selon l'invention, aucun des réceptacles ne déborde lors des différentes passes effectuées.

- 30 Si  $R^N$  est strictement supérieur au nombre de destinations, la première modification comprend par exemple les étapes suivantes :

- sélection du réceptacle de N -ième passe canonique dont le contenu dépasse P et qui est plus rempli que tous les autres,
- 35 - affectation de l'un des objets de ce réceptacle au réceptacle suivant, sans modifier l'ordre donné des objets,
- répétition de la sélection et de l'affectation si le contenu de l'un des réceptacles de N -ième passe canonique dépasse P,
- attribution en mémoire, à chacun des réceptacles de la N -ième passe modifiée, d'un nombre d'objets dits réels, correspondant au nombre d'objets qu'il contient, et d'un nombre d'objets dits fictifs, correspondant à la différence
- 40 - entre P et le nombre d'objets réels,
- mise en œuvre de l'étape de détermination si aucun des réceptacles de N -ième passe canonique n'a un contenu strictement supérieur à P.

La seconde modification peut alors comprendre les étapes suivantes :

- 45 - une première étape de sélection du réceptacle de N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P et qui est plus rempli que tous les autres,
- une seconde étape de sélection du réceptacle de N -ième passe modifiée le moins rempli et contenant le plus d'objets fictifs, considérés comme non traités,
- 50 - une troisième étape de recherche dans le réceptacle de N -ième passe modifiée sélectionné à la seconde étape, d'un objet fictif dit éventuel dont la position dans le réceptacle sélectionné indique qu'il provient dudit réceptacle de N -ième passe provisoire sélectionné à la première étape,
- une quatrième étape de sélection, si cet objet fictif éventuel existe, d'un réceptacle de N -ième passe modifiée le moins rempli contenant le plus d'objets fictifs considérés comme non traités, et distinct des réceptacles de N -ième
- 55 - passe modifiée les moins remplis et contenant le plus d'objets fictifs considérés comme non traités déjà sélectionnés lors de la seconde étape ou de la quatrième étape, la seconde modification reprenant à partir de la troisième étape s'il existe un réceptacle sélectionné à la quatrième étape,
- une cinquième étape de sélection, s'il n'existe pas de réceptacle sélectionné à la quatrième étape, d'un réceptacle de la N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P, plus rempli que tous les autres et distinct des réceptacles

de N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P et les plus remplis déjà sélectionnés lors de la première étape ou de la cinquième étape, puis reprise de la seconde modification à partir de la seconde étape,

- une sixième étape, déclenchée si l'objet fictif éventuel n'existe pas, ce qui signifie qu'un objet réel a une position dans le réceptacle de N -ième passe modifiée sélectionné qui indique qu'il provient du réceptacle de N-1 -ième passe sélectionné à la première étape, de remplacement de cet objet réel par un objet fictif du réceptacle de N -ième passe modifiée, en conservant l'ordre des objets réels,
- une septième étape d'attribution de la qualité "traité" à l'objet fictif éventuel,
- répétition des étapes précédentes si la quantité d'objets fictifs "traités" est inférieure au nombre d'objets fictifs total initial.

Grâce à l'artifice des objets fictifs utilisé lors des première et seconde modifications, tous les réceptacles sont utilisés lors de toutes les passes, ce qui permet d'utiliser au mieux la place disponible dans les réceptacles afin d'éviter tout débordement.

Selon une variante, l'étape de lecture peut avoir lieu pendant un premier passage des objets dans la machine, effectué selon un critère spécifique, les deux dernières passes destinées à être modifiées étant alors les troisième et seconde passes. Le critère spécifique utilisé est par exemple un critère statistique. Il peut être aussi l'un des N critères précédents.

Dans un autre cas, les deux dernières passes destinées à être modifiées peuvent être les seconde et première passes.

Dans une application possible du procédé selon l'invention, le tri est un tri en trois passes destiné au tri de L lettres d'un courrier, et l'étape de lecture est précédée par une répartition des L lettres en G groupes de B grappes chacun, chacune des grappes contenant S points de distribution des lettres, de sorte que chacune des lettres porte un numéro de groupe compris entre 1 et G, un numéro de grappe compris entre 1 et B et un numéro de point de distribution compris entre 1 et S, chacune des grappes constituant un objet, le premier critère correspondant à affecter à chaque réceptacle un des groupes et à attribuer à ce réceptacle toutes les grappes appartenant au groupe correspondant, et le second critère correspondant à affecter à chaque réceptacle toutes les lettres portant le même numéro de grappe.

Avantageusement si d'après la lecture, il s'avère que la répartition conduit à S points de distribution consécutifs ne contenant aucune lettre, ces S points de distribution sont regroupés pour être attribués à un objet fictif supplémentaire, et la répartition est effectuée de nouveau. Ceci permet d'utiliser au mieux la place disponible dans les réceptacles.

Enfin, selon un perfectionnement important, chacune des étapes de modification est suivie d'une étape d'optimisation du contenu de chacun des réceptacles. Cette optimisation est obtenue en minimisant ou en maximisant une fonction dont l'extremum correspond à une répartition optimale du contenu des réceptacles. Cette fonction est définie par exemple comme la somme, pour chacun des réceptacles, du carré de la différence entre le contenu d'un réceptacle et le contenu moyen des réceptacles.

Cette optimisation est par exemple un recuit simulé pour lequel les perturbations appliquées sont des déplacements des objets fictifs.

Ce perfectionnement permet d'homogénéiser le contenu final des réceptacles de sorte que chaque réceptacle contienne environ le même nombre d'objets. De plus, la méthode du recuit simulé s'applique particulièrement bien au traitement des nombres entiers.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description qui suit d'un procédé selon l'invention, donnée à titre illustratif et nullement limitatif.

Dans les figures suivantes :

- la figure 1 est une vue schématique de dessus d'une machine automatique de tri de courrier,
- la figure 2 montre un schéma synoptique par blocs des principales étapes du procédé selon l'invention,
- la figure 3 montre un schéma synoptique par blocs des étapes successives constituant l'étape 70 de la figure 2,
- la figure 4 montre un schéma synoptique par blocs des étapes successives constituant l'étape 80 de la figure 2,
- les figures 5 à 9 représentent des tableaux explicatifs de certaines étapes du procédé selon l'invention.

On a représenté à la figure 1 une machine automatique de tri de courrier 1. La machine 1 comprend les éléments suivants :

- un magasin d'approvisionnement 2 sur lequel l'opérateur installe le courrier à traiter. Le courrier est alors pris en charge pour être présenté devant un dépileur 3,
- un dépileur 3 dont le rôle est de séparer les lettres les unes des autres pour les mener une à une sur un système de convoyage 4,
- une tête de lecture 5 associée à un microprocesseur (non représenté) de contrôle et de pilotage de la machine 1, et placée en regard du système de convoyage 4 pour identifier chaque lettre et lui affecter un réceptacle de rangement 6,

- une série de réceptacles 6 : dix réceptacles de tri dont cinq seulement sont représentés, un réceptacle de rejet mécanique des lettres ne correspondant pas à un format standard, un réceptacle de rejet pour code illisible sur la lettre, et un réceptacle de débordement (ces trois derniers réceptacles ne sont pas représentés).

5 On va maintenant s'attacher à décrire en détail les étapes successives du procédé selon l'invention.

Pour illustrer les opérations effectuées selon ce procédé, on choisira l'exemple précédemment utilisé soit le tri d'environ 3000 lettres destinées à 800 points de distribution. Ces 800 points de distribution sont répartis en grappes et en groupes. Le tri est alors effectué par une machine à dix réceptacles, en trois passes.

10 La figure 2 est un schéma synoptique global par blocs montrant les étapes principales successives du procédé selon l'invention. Ce procédé consiste en un calcul effectué par un programme implanté au sein du microprocesseur de pilotage de la machine de tri. Ce calcul détermine la répartition physique des lettres à exécuter par la machine.

On appellera dans la suite passes canoniques les passes effectuées ou simulées suivant le procédé de tri de l'art antérieur.

Les données connues au départ et fournies au programme pour le traitement sont :

15

- le nombre de lettres à trier L,
- le nombre de points de distribution S,
- le nombre de réceptacles de la machine de tri R.

20 A partir de ces données, le traitement selon l'invention comprend les étapes successives suivantes qui consistent :

- dans une étape 10, à calculer le nombre de grappes B et de groupes nécessaires au tri en trois passes classiques, ainsi que l'affectation des points de distribution par grappes et des grappes par groupes. Dans l'exemple considéré, le résultat de l'étape 10 est la répartition des 800 points de distribution en huit groupes de dix grappes chacun, avec dix points de distribution par grappe,
- dans une étape 20, à effectuer au sein du microprocesseur, un classement des points de distribution selon un ordre à obtenir impérativement en fin de tri,
- dans une étape 30, à calculer la différence entre le nombre de grappes total pouvant être contenu dans tous les réceptacles et le nombre de grappes effectivement utilisé pour le tri lors de la passe canonique employant le moins de réceptacles ; cette différence conduit à un nombre de grappes dites fictives BF. Le nombre de grappes fictives peut être calculé selon la formule suivante :

30

$$BF = R \times BR - B,$$

35

où BR est le nombre de grappes que peut contenir un réceptacle. Dans l'exemple choisi, on a vu que seuls huit réceptacles sur dix sont utilisés en troisième passe canonique, soit 80 grappes dites réelles. Comme deux réceptacles, prévus pour contenir chacun 10 grappes, restent alors disponibles, on crée 20 grappes fictives de dix points de distribution chacune.

40

L'utilisation de grappes fictives permet, comme cela sera expliqué plus en détail dans la suite, de répartir le courrier plus équitablement dans les réceptacles, afin d'éviter d'éventuels débordements,

- dans une étape 40, à piloter le tri de première passe canonique P1 et à enregistrer les informations portées par chaque objet afin de déterminer leur répartition. La répartition des lettres par point de distribution étant inconnue avant la première passe canonique, cette dernière se déroule comme dans le procédé de l'art antérieur. En fin de première passe canonique, chaque réceptacle contient donc toutes les lettres ayant le même numéro de point de distribution, et l'on suppose, pour simplifier, que la première passe ne conduit à aucun débordement de réceptacle. Lors de cette passe, toutes les lettres défilent devant la tête de lecture pour être affectées à un réceptacle. Ainsi, l'information contenant les trois critères de tri et présente sur chaque enveloppe ou sur chaque emballage (sous forme de code barre par exemple) est lue puis enregistrée et mise en mémoire dans le microprocesseur de pilotage,
- dans une étape 50, à calculer au sein du microprocesseur, la répartition des objets dans les réceptacles, lors des deuxième et troisième passes canoniques. Ces répartitions sont calculées selon les deux critères que la première passe canonique n'a pas utilisés, c'est-à-dire les critères de grappe et de groupe,
- dans une étape 60, à déterminer d'après la répartition calculée à l'étape précédente, la quantité de lettres contenues dans les réceptacles de troisième passe canonique,
- dans une étape 70, à effectuer une première modification de la répartition de troisième passe canonique, pour obtenir une répartition de troisième passe modifiée, de sorte qu'aucun réceptacle ne se trouve en débordement,
- dans une étape 80, à déduire de la répartition calculée à l'étape 70 une répartition de deuxième et de troisième passes définitives telles qu'aucune de ces deux passes ne conduise à un débordement de réceptacles,

55

- dans une étape 90, à piloter la machine de tri pour qu'elle exécute la deuxième passe P2 selon la répartition définitive calculée à l'étape 80,
- dans une étape 100, à piloter la machine de tri pour qu'elle exécute la troisième passe P3 selon la répartition définitive calculée à l'étape 80.

On va à présent détailler le fonctionnement des étapes 70 et 80, caractéristiques du traitement selon l'invention.

La figure 3 est un schéma synoptique par blocs des opérations successives constituant l'étape 70. Le traitement de l'étape 70 utilise toutes les données précédentes ainsi que la donnée du contenu (en lettres) de chaque réceptacle de troisième passe canonique déterminé lors de l'étape 60. Ce traitement consiste :

- dans une étape 71, à affecter les grappes fictives aux réceptacles non utilisés lors du tri de troisième passe canonique,
- dans une étape 72, à sélectionner le réceptacle de troisième passe canonique le plus rempli (c'est-à-dire contenant le plus grand nombre de lettres),
- dans une étape 73, à affecter une grappe fictive à ce réceptacle, en la plaçant après les grappes réelles, ce qui revient à décaler toutes les grappes pour conserver leur ordre relatif, et à affecter l'une d'elles au premier réceptacle vide,
- dans une étape 74, à incrémenter la variable l correspondant au nombre de grappes fictives ainsi transférées,
- dans une étape 75, à comparer l au nombre de grappes fictives disponibles BF : si l est inférieur à BF, le traitement réitère les étapes 72 à 75 ; si l est égal à BF, le traitement passe à l'étape 80. Il est préférable, en effet, pour parvenir à éviter tous les débordements dans les deuxième et troisième passes, de déplacer toutes les grappes fictives. Toutefois, il est également possible de passer au traitement de l'étape 80 dès que chacun des réceptacles de troisième passe contient soit uniquement des grappes réelles soit à la fois des grappes réelles et des grappes fictives, mais jamais uniquement des grappes fictives.

Le traitement de l'étape 70 revient donc à répartir le contenu des réceptacles de troisième passe canonique dans tous les réceptacles disponibles, grâce à l'artifice des grappes fictives. Chaque réceptacle contient alors le nombre maximum de grappes pour lequel il est prévu, ces grappes pouvant être des grappes réelles ou fictives. Cette opération n'affecte en rien l'ordonnement impératif des grappes à respecter, car elle consiste en pratique à insérer des "vides" dans les réceptacles. L'ordre des grappes prévu par le procédé de tri classique est donc conservé.

Afin d'illustrer ce qui vient d'être décrit, on en revient à l'exemple choisi. Le procédé classique prévoit, pour la troisième passe canonique, la répartition de 80 grappes réelles (que l'on note B0 à B79) dans les huit premiers réceptacles par exemple (R0 à R7). Le traitement selon l'invention part donc de la répartition de troisième passe canonique suivante (en notant BF1 à BF20 les 20 grappes fictives) :

R0	R1	.....	R7	R8	R9
B0	B10	.....	B70	BF1	BF11
B9	B19	.....	B79	BF10	BF20

Supposons que l'étape 72 sélectionne R0 comme réceptacle de troisième passe canonique le plus rempli. Le résultat de l'étape 73 est alors :

R0	R1	R2	.....	R7	R8	R9
B0	B9	B19	.....	B69	B79	BF11
					BF2	
B8						
BF1	B18	B28	.....	B78	BF10	BF20



On a maintenant  $l=1$ . Comme  $BF=20$ , le traitement reprend à l'étape 72. Supposons que cette étape sélectionne encore le réceptacle R0 comme étant le plus rempli. Le résultat de l'étape 73 est maintenant :

	R0	R1	R2	.....	R7	R8	R9
5	B0	B8	B18	.....	B68	B78	BF11
						B79	
	B7					BF3	
10	BF1						
	BF2	B17	B27	.....	B77	BF10	BF20

15

On a  $l=2$ . Le traitement reprend à l'étape 72.

Une fois toutes les grappes fictives réparties, le dépilage des réceptacles de fin de troisième passe et leur rangement dans l'ordre conduit bien à respecter l'ordre impératif des grappes réelles. On comprend donc que la position des grappes fictives à l'intérieur d'un réceptacle n'a aucune importance sur la position relative des grappes réelles dans ce réceptacle.

20 En revanche, elle entraîne une modification du contenu des réceptacles de la deuxième passe canonique.

Le traitement de l'étape 80 est destiné à prévoir le contenu des réceptacles de deuxième passe, sachant qu'on ne modifie plus le contenu réel des réceptacles de troisième passe obtenu à la suite de l'étape 70.

La figure 4 est un schéma synoptique par blocs des opérations successives constituant l'étape 80. Ce traitement consiste :

25

- dans une étape 801, à déterminer le contenu de chacun des réceptacles dans lesquels doivent se trouver les grappes réelles et fictives à la fin d'une deuxième passe provisoire agencée de manière à permettre la répartition de troisième passe modifiée obtenue à l'étape 70,
- dans une étape 802, à sélectionner le réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli et contenant plus de
- 30 lettres que ne le permet sa contenance maximale,
- dans une étape 803, à sélectionner le réceptacle de troisième passe modifiée contenant le plus de grappes fictives non encore déplacées ou "traitées" par le traitement de l'étape 80. S'il existe plusieurs réceptacles répondant à ce critère, il est préférable de choisir celui qui, après le traitement de l'étape 807 (voir ci-dessous), permettra la plus grande diminution du contenu du réceptacle de deuxième passe sélectionné,
- 35 - dans une étape 804, à chercher s'il existe, dans le réceptacle de troisième passe modifiée contenant le plus de grappes fictives non traitées, une grappe fictive dont la position dans ce réceptacle de troisième passe modifiée indique qu'elle provient du réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli,
- dans une étape 805, déclenchée si la grappe fictive recherchée à l'étape 804 existe, à choisir, s'il existe, le réceptacle de troisième passe modifiée répondant au critère de l'étape 803 et différent de ceux précédemment trouvés à cette
- 40 étape ; si un tel réceptacle existe, le traitement est effectué de nouveau à partir de l'étape 804,
- dans une étape 806, déclenchée s'il n'existe plus de réceptacles de troisième passe modifiée répondant au critère de l'étape 803, à choisir un autre réceptacle de deuxième passe provisoire répondant au critère de l'étape 802 et différent de ceux précédemment choisis à cette étape, puis à effectuer de nouveau le traitement à partir de l'étape 803,
- 45 - dans une étape 807, déclenchée si la grappe fictive recherchée à l'étape 804 n'existe pas, à remplacer la grappe réelle du réceptacle de troisième passe modifiée sélectionné dont la position dans ce réceptacle indique qu'elle provient du réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli, par une grappe fictive du réceptacle de troisième passe modifiée sélectionné, et à décaler toutes les autres grappes de ce réceptacle de troisième passe modifiée afin de conserver leur ordre relatif. Cette opération revient donc à retirer au réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli, une de ses grappes pour la remplacer par une grappe fictive, et donc à diminuer son contenu,
- 50 - dans une étape 808, à affecter à la grappe fictive déplacée à l'étape précédente une valeur (par exemple  $T=1$ ) indiquant que cette grappe a été "traitée" et que, par conséquent, elle ne sera plus déplacée dans la suite du traitement,
- dans une étape 809, à incrémenter la variable correspondant au nombre TT de grappes fictives traitées, c'est-à-
- 55 dire affectées de la valeur  $T=1$ ,
- dans une étape 810, à comparer TT au nombre de grappes fictives disponibles BF : si ces deux nombres sont égaux, le traitement passe à l'étape 90 ; si TT est strictement inférieur à BF, le traitement reprend à partir de l'étape 802.

Il est préférable à présent d'illustrer par un exemple le traitement effectué au cours de l'étape 80. Pour cela, on représente l'état des réceptacles de deuxième et troisième passe dans une matrice ou un tableau à deux entrées.

Les figures 5 à 9 illustrent différents états d'un tel tableau. Chaque colonne, numérotée C0 à C9, représente un réceptacle de deuxième passe. Chaque ligne, numérotée L0 à L9, représente un réceptacle de troisième passe, c'est-à-dire un groupe.

A la figure 5, on a représenté le tableau figurant l'état des réceptacles de deuxième et troisième passes canoniques.

Le tri de deuxième passe canonique conduit à affecter à chaque réceptacle un numéro de grappe ; toutes les grappes correspondant par exemple à l'indice  $b=1$  dans les différents groupes sont regroupées dans le réceptacle R0 (colonne C0). En pratique, les grappes indicées  $b=1$  sont par exemple B0, B10, B20, B30, ..., B70.

Le tri de troisième passe canonique conduit à affecter à chaque réceptacle un numéro de groupe ; ainsi, les dix grappes du premier groupe, par exemple, sont regroupées, dans l'ordre, dans le réceptacle R0 (ligne L0).

La figure 6 représente un tableau figurant un état possible des réceptacles de troisième passe modifiée calculé lors de l'étape 70.

Dans cet exemple, on suppose que le réceptacle R3 (colonne C3) est le réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli. Le résultat de l'étape 803 est le choix du réceptacle de troisième passe R2 (ligne L2), qui possède quatre grappes fictives BF4, BF5, BF6, BF7 alors que les autres réceptacles de troisième passe modifiée en possèdent trois au plus. Dans le réceptacle de troisième passe modifiée R2 (ligne L2), aucune des quatre grappes fictives ne provient du réceptacle de deuxième passe provisoire R3 (elles appartiennent aux réceptacles de deuxième passe provisoires respectifs R6, R7, R8 et R9). On passe donc à l'étape 807. Elle conduit à mettre BF4 dans la position de B20 et à décaler B20 et toutes les grappes suivantes pour conserver leur ordre relatif. Le tableau de la figure 7 illustre le résultat obtenu après cette étape. On comprend donc bien que l'ordre relatif des grappes dans le réceptacle de troisième passe modifiée choisi (R2, ligne L2) n'est pas modifié en pratique. Après ce traitement, la grappe fictive BF4 est "traitée" : elle ne pourra plus être déplacée. Après l'étape 809, la variable TT est égale à 1 et BF à 20. Le traitement reprend donc à l'étape 802.

Supposons qu'à présent, le réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli soit R1 (colonne C1). Plusieurs réceptacles de troisième passe modifiée contiennent le même nombre de grappes fictives non encore traitées. On choisira encore pour rendre l'exemple plus instructif, le réceptacle de troisième passe modifiée R2 (ligne L2) comme résultat de l'étape 803. Dans ce réceptacle de troisième passe modifiée R2 (ligne L2), aucune grappe fictive n'appartient déjà au réceptacle de deuxième passe provisoire R1 (colonne C1) ; on passe alors à l'étape 807. Elle conduit à placer BF5 dans la position de B18 et à décaler B18 et toutes les grappes suivantes pouvant être décalées (c'est-à-dire à l'exception de BF4), pour conserver leur ordre relatif. Le tableau de la figure 8 illustre le résultat obtenu après cette étape.

Le traitement se poursuit jusqu'à ce que toutes les grappes fictives soient "traitées".

On va maintenant examiner le cas d'un autre état possible des réceptacles de troisième passe modifiée par l'étape 70. Le tableau illustrant cet état est toujours représenté en figure 6, mais à présent, on suppose que le réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli est le réceptacle R6 (colonne C6). Le réceptacle de troisième passe modifiée contenant le plus grand nombre de grappes fictives est encore R2 (ligne L2), résultat de l'étape 803. Cette fois-ci dans le réceptacle de troisième passe modifiée R2 (ligne L2), une grappe fictive BF4 appartient déjà au réceptacle de deuxième passe provisoire le plus rempli R6 (colonne C6). La suite de l'étape 804 est donc l'étape 805. Son résultat est le réceptacle de troisième passe modifiée R1 (ligne L1), qui n'a pas encore été trouvé à l'étape 803. Ce réceptacle de troisième passe modifiée ne contient pas de grappe fictive appartenant au réceptacle de deuxième passe provisoire R6 (colonne C6). On peut donc passer à l'étape 807 qui conduit au résultat illustré par le tableau de la figure 9.

Les répartitions définitives obtenues après le calcul de l'étape 80 conditionnent les actions de la machine de tri lors des deuxième et troisième passes physiques, par un contrôle de ces passes lors des étapes 90 et 100.

Ainsi, grâce au procédé de tri selon l'invention, aucun réceptacle ne déborde lors des deuxième et troisième passes. Cet avantage important permet d'utiliser effectivement les machines de tri automatique en trois passes. Ces machines ne sont en effet pas utilisées à l'heure actuelle étant donnés les problèmes de débordements engendrés par le procédé de tri en trois passes de l'art antérieur. Le procédé selon l'invention représente ainsi un gain financier important. Il représente également un gain de temps, car il permet d'utiliser une machine de tri rapide.

En outre le calcul effectué entre les première et deuxième passes n'augmente pas le temps nécessaire aux autres opérations effectuées entre ces deux passes, c'est-à-dire le temps pendant lequel l'opérateur (ou la machine) transfère le contenu des réceptacles de première passe vers le magasin d'approvisionnement. Ainsi, le temps de transfert est d'environ 1 min 30s, alors que le temps de calcul est d'au plus une quinzaine de secondes.

Le procédé selon l'invention s'applique bien entendu tout particulièrement au tri postal en trois passes. Toutefois, il n'est pas limité à ce tri, et peut concerner le tri d'objets quelconques en au moins deux passes selon au moins deux critères distincts (à chaque passe canonique est affecté un critère de tri), du moment que les réceptacles de la machine de tri sont en quantité inférieure au nombre d'objets à trier et qu'il y a risque de débordement de ces réceptacles. Afin de pouvoir appliquer le procédé selon l'invention il est ainsi nécessaire que le nombre d'objets à trier soit inférieur à la contenance totale de la machine de tri. Ceci permet d'utiliser l'artifice d'ensembles des fictifs comme les grappes fictives. Plus précisément, on peut appliquer le procédé selon l'invention si  $R^N > S$  pour le tri des lettres dans S points de distribution, en N passes dans une machine à R réceptacles.

Pour un tri en N passes, on commence par effectuer le traitement selon l'invention aux N-ième et N-1-ième passes, puis aux N-1-ième et N-2-ième passes, et ainsi de suite jusqu'aux dernières passes que l'on désire modifier.

Plusieurs cas se présentent en pratique pour la première passe.

Dans un premier cas, une répartition statistique des lettres est connue, permettant d'établir l'affectation de chaque point de distribution en première passe (ou lors d'un premier passage des lettres en machine). En général, cette affectation n'entraîne pas de débordements, puisqu'elle prend en compte des résultats statistiques de tris précédents. Si, toutefois, des débordements ont lieu pendant ce premier passage, il suffit de modifier l'affectation de manière à éviter ces débordements. L'enregistrement des informations portées par les lettres est effectué pendant cette première passe.

Dans un second cas, la première passe est effectuée selon le critère canonique mentionné dans le préambule. C'est l'hypothèse choisie pour l'étape 40 précédemment décrite. Si une telle passe conduit à des débordements, elle est effectuée de nouveau avec une modification des affectations qui dépend des informations enregistrées lors du premier passage.

Enfin, dans un troisième cas, les informations portées par les lettres sont lues et enregistrées préalablement à toute passe. Dès lors, le procédé selon l'invention est appliqué à toutes les passes en les considérant deux à deux à partir de la dernière. Ceci conduit finalement à une répartition optimisée de toutes les passes physiques.

On peut par exemple appliquer ce procédé au routage de pellicules photographiques dans un centre de développement.

Bien évidemment, le procédé selon l'invention n'est pas limité à la description précédente.

En particulier, si l'on constate, après la première passe physique, que dix points de distribution consécutifs ne contiennent aucune lettre, il est possible de supprimer ces dix points de distribution, en décalant la numérotation des suivants, pour en faire une grappe fictive supplémentaire.

D'autre part, il est possible d'améliorer le traitement effectué aux opérations 70 et 80. En effet, ce traitement permet d'éviter les débordements. Il est parfois souhaitable de surcroît que chaque réceptacle contienne des piles de tailles sensiblement équivalentes, car cela facilite le travail de l'opérateur devant les transférer dans le magasin d'approvisionnement. Pour cela, on peut effectuer, après l'étape 70 et après l'étape 80, une opération d'optimisation par un procédé d'optimisation classiquement utilisé. Le but de cette optimisation est par exemple de minimiser la fonction F dite fonction de coût définie par la somme, sur tous les réceptacles de deuxième ou de troisième passe, du carré de la différence entre le contenu d'un réceptacle et le contenu moyen de tous les réceptacles. Pour minimiser la fonction F, on peut par exemple utiliser un procédé d'optimisation par recuit simulé, bien connu de l'homme de métier et décrit dans l'article intitulé "Le recuit simulé", écrit par Ernesto Bonomi et Jean-Luc Lutton, paru dans *Pour la Science* n° 129 de juillet 1988, pages 68 à 77. Dans ce cas, on peut choisir comme perturbations les déplacements de grappes fictives, par exemple.

Il est également possible d'utiliser tout autre procédé connu d'optimisation, comme par exemple la méthode du gradient. Toutefois, le procédé de recuit simulé est mieux adapté au traitement des nombres entiers.

## Revendications

1. Procédé de tri d'objets en N passes de distribution physique dans R réceptacles d'une machine de tri contrôlée par un moyen de contrôle, N étant au moins égal à deux, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- lecture et mise en mémoire dans ledit moyen de contrôle d'informations codées portées par lesdits objets, lesdites informations comportant N critères distincts par objet,
- classement en mémoire dans ledit moyen de contrôle desdits objets dans un ordre donné de sorte que chacun desdits objets est affecté à une destination,
- calcul, au sein dudit moyen de contrôle, de la répartition desdits objets dans lesdits réceptacles, lors d'une N-1-ième passe canonique, c'est-à-dire telle que tous les objets qui ont la même valeur d'un premier desdits critères soient affectés à un même réceptacle,
- calcul, au sein dudit moyen de contrôle, de la répartition desdits objets dans lesdits réceptacles lors d'une N-ième passe canonique telle que tous lesdits objets qui ont la même valeur d'un deuxième desdits critères soient affectés à un même réceptacle et que leur ordre respecte ledit ordre donné,
- première modification par ledit moyen de contrôle de ladite répartition de ladite N-ième passe canonique, fournissant une répartition de N-ième passe modifiée, telle que le nombre d'objets dans chacun desdits réceptacles soit rendu au plus égal à P, P étant le nombre maximal d'objets que peut contenir chacun desdits réceptacles,
- détermination du contenu de chacun des réceptacles dans lesquels doivent se trouver lesdits objets à la fin d'une N-1-ième passe provisoire, agencée de manière à permettre ladite répartition de N-ième passe modifiée,
- seconde modification de ladite répartition de N-ième passe modifiée, fournissant une répartition de N-ième passe définitive, si le contenu de l'un desdits réceptacles dans lesquels doivent se trouver lesdits objets à la fin de ladite N-1-ième passe provisoire dépasse P, de sorte que l'ordre desdits objets reste semblable audit

ordre donné et que la répartition d'une N-1 -ième passe définitive agencée de manière à permettre ladite répartition de N -ième passe définitive conduite à des réceptacles contenant chacun au plus P objets,

- reprise de toutes les étapes précédentes en remplaçant N par N-1 et N-1 par N-2, et ainsi de suite jusqu'aux deux dernières des passes destinées à être modifiées,

5 - tri desdits objets par ladite machine selon les répartitions définitives déterminées.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, si  $R^N$  est strictement supérieur au nombre desdites destinations, ladite première modification comprend les étapes suivantes :

- 10 - sélection du réceptacle de ladite N -ième passe canonique dont le contenu dépasse P et qui est plus rempli que tous les autres,
- affectation de l'un desdits objets de ce réceptacle au réceptacle suivant, sans modifier l'ordre donné desdits objets,
- répétition de ladite sélection et de ladite affectation si le contenu de l'un desdits réceptacles de ladite N -ième passe canonique dépasse P,
- 15 - attribution en mémoire, à chacun desdits réceptacles de ladite N -ième passe modifiée, d'un nombre d'objets dits réels, correspondant au nombre d'objets contenu dans chacun desdits réceptacles, et d'un nombre d'objets dits fictifs, correspondant à la différence entre P et ledit nombre d'objets réels,
- mise en oeuvre de ladite étape de détermination si aucun desdits réceptacles de ladite N -ième passe canonique n'a un contenu strictement supérieur à P.

3. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ladite seconde modification comprend les étapes suivantes :

- 25 - une première étape de sélection du réceptacle de ladite N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P et qui est plus rempli que tous les autres,
- une seconde étape de sélection du réceptacle de ladite N -ième passe modifiée le moins rempli et contenant le plus d'objets fictifs, considérés comme non traités,
- une troisième étape de recherche dans ledit réceptacle de ladite N -ième passe modifiée sélectionné à ladite seconde étape, d'un objet fictif dit éventuel dont la position dans ledit réceptacle sélectionné indique qu'il provient dudit réceptacle de N -ième passe provisoire sélectionné à ladite première étape,
- 30 - une quatrième étape de sélection, si ledit objet fictif éventuel existe, d'un réceptacle de ladite N -ième passe modifiée le moins rempli contenant le plus d'objets fictifs considérés comme non traités, et distinct desdits réceptacles de ladite N -ième passe modifiée les moins remplis et contenant le plus d'objets fictifs considérés comme non traités déjà sélectionnés lors de ladite seconde étape ou de ladite quatrième étape, ladite seconde modification reprenant à partir de ladite troisième étape s'il existe un réceptacle sélectionné à ladite quatrième étape,
- une cinquième étape de sélection, s'il n'existe pas de réceptacle sélectionné à ladite quatrième étape, d'un réceptacle de ladite N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P, plus rempli que tous les autres et distinct desdits réceptacles de ladite N-1 -ième passe provisoire dont le contenu dépasse P et les plus remplis déjà sélectionnés lors de ladite première étape ou de ladite cinquième étape, puis reprise de ladite seconde modification à partir de ladite seconde étape,
- 40 - une sixième étape, déclenchée si ledit objet fictif éventuel n'existe pas, ce qui signifie qu'un objet réel a une position dans ledit réceptacle de N -ième passe modifiée sélectionné qui indique qu'il provient dudit réceptacle de N-1 -ième passe sélectionné à ladite première étape, de remplacement dudit objet réel par un objet fictif du réceptacle de ladite N -ième passe modifiée, en conservant l'ordre desdits objets réels,
- une septième étape d'attribution de la qualité "traité" audit objet fictif éventuel,
- répétition desdites étapes précédentes si la quantité d'objets fictifs "traités" est inférieure au nombre d'objets fictifs total initial.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite lecture a lieu pendant un premier passage desdits objets dans ladite machine, effectué effectuée selon un critère spécifique, lesdites deux dernières passes destinées à être modifiées étant alors les troisième et seconde passes.

55 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit critère spécifique est un critère statistique.

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit critère spécifique est l'un desdits N critères.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdites deux dernières passes destinées à être modifiées sont les seconde et première passes.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit tri est un tri en trois passes destiné au tri de L lettres d'un courrier, et en ce que ladite lecture est précédée par une répartition desdites L lettres en G groupes de B grappes chacun, chacune desdites grappes contenant S points de distribution desdites lettres, de sorte que chacune desdites lettres porte un numéro de groupe compris entre 1 et G, un numéro de grappe compris entre 1 et B et un numéro de point de distribution compris entre 1 et S, chacune desdites grappes constituant un desdits objets, ledit premier critère correspondant à affecter à chaque réceptacle un desdits groupes et à attribuer à ce réceptacle toutes les grappes appartenant au groupe correspondant, et ledit second critère correspondant à affecter à chaque réceptacle toutes les lettres portant le même numéro de grappe.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que, si d'après ladite lecture, il s'avère que ladite répartition conduit à S points de distribution consécutifs ne contenant aucune lettre, lesdits S points de distribution sont regroupés pour être attribués à un objet fictif supplémentaire, et ladite répartition est effectuée de nouveau.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que chacune desdites modifications est suivie d'une étape d'optimisation du contenu de chacun desdits réceptacles.
11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que ladite optimisation est obtenue en minimisant ou en maximisant une fonction dont l'extremum correspond à une répartition optimale du contenu desdits réceptacles.
12. Procédé selon la revendication 11 caractérisé en ce que ladite fonction est définie comme la somme, pour chacun desdits réceptacles, du carré de la différence entre le contenu d'un réceptacle et le contenu moyen desdits réceptacles.
13. Procédé selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que ladite optimisation est un recuit simulé.
14. Procédé selon les revendications 10 à 13, caractérisé en ce que ladite optimisation est un recuit simulé pour lequel les perturbations appliquées sont des déplacements desdits objets fictifs.

#### Claims

1. A method of sorting objects in N passes of physical distribution into R receptacles of a sorting machine controlled by control means, N being at least equal to two, characterized in that the method comprises the following steps:
  - reading and storing in memory in said control means coded information carried by said objects, said information comprising N distinct criteria per object,
  - classifying said objects in memory in said control means in a given order such that each said object is assigned to a destination,
  - calculating in said control means the distribution of said objects in said receptacles, during an (N-1)'th canonical pass, i.e. such that all the objects which have the same value of a first of said criteria will be assigned to the same receptacle,
  - calculating in said control means the distribution of said objects in said receptacles, during an N'th canonical pass, i.e. such that all the objects which have the same value of a second of said criteria will be assigned to the same receptacle, and that their order preserves said given order.
  - making a first modification by said control means to said distribution of said N'th canonical pass, such that the number of objects in each of said receptacles will be made equal to P at the most, where P is the maximum number of said objects which can be contained in each of said receptacles,
  - determining the contents of each of the receptacles in which said objects should be found at the end of a provisional (N-1)'th pass, performed in such a manner as to achieve said modified distribution of the N'th pass,
  - making a second modification of said distribution of the N'th modified pass, providing a definitive distribution of the N'th pass, if the contents of one of said receptacles should be found to exceed P at the end of said provisional (N-1)'th pass, such that the order of said objects stays the same as said given order and that the distribution of a definitive (N-1)'th pass is performed in such a manner as to allow said distribution of the definitive N'th pass to lead to the receptacles each containing at most P objects,
  - repeating all the preceding steps with N replaced by N-1 and N-1 by N-2, and so on until the last two of the passes to be modified,

- sorting said objects by means of said machine according to the definitive distributions which have been determined.
- 5 2. A method according to claim 1, characterized in that, if  $R^N$  is always greater than the number of said destinations, said first modification comprises the following steps:
- selection of the receptacle of said N<sup>th</sup> canonical pass whose contents exceed P and which is fuller than the rest,
  - assigning one of said objects from this receptacle to the following receptacle, without altering the given order of said objects,
  - 10 - reiterating said selection and said assignment if the contents of one of said receptacles of said N<sup>th</sup> canonical pass exceed P,
  - attributing in memory to each of said receptacles of said modified N<sup>th</sup> pass a number of objects referred to as real corresponding to the number of objects contained in each of said receptacles, and a number referred to as fictitious corresponding to the difference between P and said real number of objects,
  - 15 - initiating said step of determination when absolutely none of said receptacles of said N<sup>th</sup> canonical pass has contents greater than P.
3. A method according to claims 1 and 2, characterized in that said second modification comprises the following steps:
- 20 - a first selection step of the receptacle of said provisional (N-1)<sup>th</sup> pass whose contents exceed P and which is fuller than the rest,
  - a second selection step of the receptacle of said modified N<sup>th</sup> pass which is the least full and contains the most fictitious objects, considered as not processed,
  - a third search step in said receptacle of said modified N<sup>th</sup> pass selected in said second step for a fictitious object referred to as a candidate whose position in said selected receptacle indicates that it came from said
  - 25 - a fourth selection step, if the candidate fictitious object exists, of a receptacle of said modified N<sup>th</sup> pass which is least full containing the most fictitious objects considered as not processed and distinct from said receptacles of said modified N<sup>th</sup> pass the least full and containing most fictitious objects considered as not processed already selected during said second step or said fourth step, said second modification resuming from said third step if a receptacle exists selected in said fourth step,
  - a fifth selection step, if there is no selected receptacle in said fourth step, of a receptacle of said provisional (N-1)<sup>th</sup> pass whose contents exceed P, fuller than all the rest and distinct from said receptacles of said provisional (N-1)<sup>th</sup> pass whose contents exceed P and which is the fullest already selected during said first step or in said
  - 30 - a sixth step, initiated if said candidate fictitious object does not exist, which signifies that a real object has a position in said selected receptacle of the modified (N-1)<sup>th</sup> pass which indicates that it provided said selected receptacle of said (N-1)<sup>th</sup> pass in said first step, of replacing said real object by a fictitious object of the receptacle of said modified N<sup>th</sup> pass, while preserving the order of said real objects,
  - 35 - a seventh step of attributing the property "processed" to said candidate fictitious object,
  - reiteration of said preceding steps of the number of "processed" fictitious objects is less than the initial total number of fictitious objects.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, characterized in that said reading takes place in a first passage of
- 45 said objects in said machine, effected according to a specific criterion, said last two passes to be modified then being the third and second passes.
5. A method according to claim 4, characterized in that said specific criterion is a statistical criterion.
- 50 6. A method according to claim 4, characterized in that said specific criterion is one of said N criteria.
7. A method according to any one of claims 1 to 3, characterized in that said two last passes to be modified are the second and first passes.
- 55 8. A method according to any one of claims 1 to 7, characterized in that said sort is a three-pass sort destined to sort L letters of a postman, and in that said reading is preceded by distribution of said L letters into G groups of B bunches each, each of said bunches containing S stops of said letters, such that each of said letters carries a group number from 1 to G, a bunch number from 1 to B and a stop number from 1 to S, each of said bunches constituting one of said objects, said first criterion corresponding to assigning one of said objects to each receptacle and of attributing

to this receptacle all the bunches pertaining to the corresponding group, and said second criterion corresponding to assigning all the letters carrying the same bunch number to each receptacle.

- 5 9. A method according to claim 8, characterized in that if, after said reading, it should prove that said distribution leads to S consecutive stops containing no letters, said S stops are regrouped to be to be assigned to a fictitious supplementary object and said distribution is carried out again.
- 10 10. A method according to any one of claims 1 to 9, characterized in that each of said modifications is followed by an optimizing step of the contents of each of said receptacles.
11. A method according to claim 10, characterized in that said optimization is obtained by maximizing or minimizing a function whose extreme corresponds to an optimum redistribution of the contents of said receptacles.
- 15 12. A method according to claim 11, characterized in that said function is defined as the sum, for each of said receptacles of the difference between the contents of a receptacle and the average contents of said receptacles.
13. A method according to any one of claims 10 to 12, characterized in that said optimization is a simulated annealing.
- 20 14. A method according to claims 10 to 13, characterized in that said optimization is a simulated annealing for which the applied perturbations are shifts of said fictitious objects.

#### Patentansprüche

- 25 1. Verfahren zum Sortieren von Gegenständen in N physischen Verteildurchläufen mit R Fächern in einer Sortiermaschine, die durch ein Steuermittel überwacht wird, wobei N mindestens gleich 2 ist, dadurch gekennzeichnet, daß es die folgenden Schritte enthält:
  - Ablesen und Speicherung von auf den Gegenständen markierten kodierten Informationen im Steuermittel, wobei diese Informationen N unterschiedliche Kriterien je Gegenstand aufweisen,
  - 30 - Ordnung der Einspeicherung der Gegenstände in einer gegebenen Reihenfolge in den Steuermitteln, so daß jeder Gegenstand einem Ziel zugeordnet ist,
  - Berechnung der Verteilung der Gegenstände in den Fächern durch die Steuermittel in einem N-1-ten kanonischen Durchgang, d.h. derart, daß alle Gegenstände, die den gleichen Wert eines ersten Kriteriums aufweisen, einem gleichen Fach zugeordnet werden,
  - 35 - Berechnung der Verteilung der Gegenstände auf die Fächer bei einem N-ten kanonischen Durchgang durch die Steuermittel derart, daß alle Gegenstände, die den gleichen Wert eines zweiten der Kriterien besitzen, einem gleichen Fach zugeordnet werden und daß ihre Reihenfolge die gegebene Reihenfolge respektiert,
  - erste Veränderung der Verteilung des N-ten kanonischen Durchgangs durch die Steuermittel, wodurch eine veränderte Verteilung des N-ten Durchgangs geliefert wird, derart, daß die Anzahl von Gegenständen in jedem Fach höchstens den Wert P annimmt, wobei P die maximal zulässige Anzahl von Gegenständen in jedem der Fächer bedeutet,
  - 40 - Bestimmung des Inhalts jedes der Fächer, in denen die Gegenstände am Ende eines N-1-ten provisorischen Durchgangs befinden sollen, wobei dieser Durchgang so gestaltet ist, daß er die Verteilung des veränderten N-ten Durchgangs ermöglicht,
  - 45 - zweite Veränderung der Verteilung des veränderten N-ten Durchgangs, die eine endgültige Verteilung des N-ten Durchgangs liefert, wenn der Inhalt eines der Fächer, in dem sich die Gegenstände am Ende des N-1-ten provisorischen Durchgangs befinden, den Wert P überschreitet, derart, daß die Reihenfolge der Gegenstände der gegebenen Reihenfolge gleich bleibt und daß die Verteilung eines definitiven N-1-ten Durchgangs zu Fächern führt, die je höchstens P Gegenstände enthalten,
  - 50 - Wiederholung aller obiger Schritte, indem N durch N-1 und N-1 durch N-2 ersetzt wird, solange, bis man bei den beiden letzten Durchgängen angelangt ist, die verändert werden sollen,
  - Sortieren der Gegenstände durch die Maschine gemäß den bestimmten definitiven Verteilungen.
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Veränderung für den Fall, daß  $R^N$  eindeutig größer als die Anzahl der Ziele ist, die folgenden Verfahrensschritte enthält:
  - Auswahl des Fachs des N-ten kanonischen Durchgangs, dessen Inhalt P Gegenstände überschreitet und das mehr als alle anderen Fächer gefüllt ist,

- Zuordnung eines Gegenstands aus diesem Fach zum nächstfolgenden Fach, ohne die Reihenfolge der Gegenstände zu verändern,
  - Wiederholung der Auswahl und der Zuordnung, wenn der Inhalt eines der Fächer des N-ten kanonischen Durchgangs mehr als P Gegenstände umfaßt,
  - 5 - Zuweisung einer Anzahl von realen Gegenständen, entsprechend einer Anzahl von in jedem der Fächer enthaltenen Gegenständen und einer Anzahl von fiktiven Gegenständen entsprechend der Differenz zwischen P und der Anzahl von realen Gegenständen, zu jedem der Fächer des veränderten N-ten Durchgangs im Speicher,
  - 10 - Durchführung des Bestimmungsschritts, wenn keines der Fächer des N-ten kanonischen Durchgangs mehr als P Gegenstände enthält.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Veränderung die folgenden Schritte enthält:
- 15 - einen ersten Schritt der Auswahl des Fachs des N-1-ten provisorischen Durchgangs, dessen Inhalt mehr als P Gegenstände umfaßt und das mehr als alle anderen Fächer gefüllt ist,
  - einen zweiten Schritt der Auswahl des Fachs des N-ten geänderten Durchgangs, das am wenigsten stark gefüllt ist und die meisten fiktiven Gegenstände enthält, die als unbehandelt betrachtet werden,
  - 20 - einen dritten Schritt der Suche eines eventuellen fiktiven Gegenstands in dem im zweiten Schritt ausgewählten Fach des N-ten veränderten Durchgangs, wobei die Lage dieses fiktiven Gegenstands in dem ausgewählten Fach angibt, daß es aus dem im ersten Schritt ausgewählten Fach des N-ten provisorischen Durchgangs stammt,
  - einen vierten Schritt der Auswahl eines am wenigsten gefüllten und die meisten als nicht bearbeitet betrachteten fiktiven Gegenstände enthaltenden Fachs des N-ten veränderten Durchgangs, das sich von den am wenigsten gefüllten und die meisten als nicht behandelt betrachteten und während des zweiten oder des vierten Schritts ausgewählten Fächern des N-ten veränderten Durchgangs unterscheidet, wenn der eventuelle fiktive Gegenstand existiert, wobei die zweite Veränderung wieder beim dritten Verfahrensschritt beginnt, wenn ein im vierten Schritt ausgewähltes Fach existiert,
  - 25 - einen fünften Schritt der Auswahl eines Fachs des N-1-ten provisorischen Durchgangs, dessen Inhalt P Gegenstände übersteigt, das mehr als alle anderen Fächer gefüllt ist und sich von den Fächern des N-1-ten provisorischen Durchgangs unterscheidet, dessen Inhalt P Gegenstände überschreitet, und sich von den bereits während des ersten Schritts oder des fünften Schritts ausgewählten am meisten gefüllten Fächern unterscheidet, wenn kein im vierten Schritt ausgewähltes Fach existiert, worauf die zweite Veränderung ab dem zweiten Verfahrensschritt wieder aufgenommen wird,
  - 30 - einen sechsten Schritt, der ausgelöst wird, wenn der eventuelle fiktive Gegenstand nicht existiert, was bedeutet, daß ein realer Gegenstand eine Lage in dem ausgewählten Fach des N-ten veränderten Durchgangs besitzt, aus der hervorgeht, daß es aus dem im ersten Schritt ausgewählten Fach des N-1-ten Durchgangs stammt, wobei dieser Schritt in einem Ersatz des realen Gegenstands durch einen fiktiven Gegenstand im Fach des N-ten veränderten Durchgangs besteht und dabei die Reihenfolge der realen Gegenstände beibehält,
  - 40 - einen siebten Schritt der Zuweisung des Merkmals "verarbeitet" zu einem eventuellen fiktiven Gegenstand,
  - die Wiederholung der vorhergehenden Schritte, wenn die Anzahl von fiktiven verarbeiteten Gegenständen kleiner als die ursprüngliche Gesamtzahl der fiktiven Gegenstände ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Lesen während eines ersten Durchgangs der Gegenstände durch die Maschine erfolgt, der gemäß einem spezifischen Kriterium stattfindet, wobei die beiden letzten Durchgänge, die verändert werden sollen, dann der dritte und der zweite Durchgang sind.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das spezifische Kriterium ein statistisches Kriterium ist.
- 50 6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das spezifische Kriterium eines der N Kriterien ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden letzten Durchgänge, die verändert werden sollen, der zweite und der erste Durchgang sind.
- 55 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sortierung in drei Durchgängen erfolgt und L Briefe betrifft und daß dem Ablesen eine Verteilung der L Briefe in G Gruppen von je B Bündeln vorausgeht, wobei jedes der Bündel S Verteilpunkte für die Briefe betrifft, so daß jeder der Briefe eine Gruppennummer zwischen 1 und G, eine Bündelnummer zwischen 1 und B und eine Verteilpunktnummer zwischen 1 und S trägt, wobei jedes der Bündel einen der Gegenstände bildet, wobei das erste Kriterium der Zuordnung einer der



Gruppen zu einem Fach und der Zuordnung aller Bündel der entsprechenden Gruppe zu diesem Fach entspricht, während das zweite Kriterium der Zuordnung aller Briefe mit der gleichen Bündelnummer zu je einem Fach entspricht.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn sich nach dem Ablesen herausstellt, daß die Verteilung zu S aufeinanderfolgenden Verteilpunkten ohne jeden Brief führt, diese S Verteilpunkte zusammengefaßt werden und einem zusätzlichen fiktiven Gegenstand zugeordnet werden, worauf die Verteilung erneut durchgeführt wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf jede der Veränderungen ein Schritt der Optimierung des Inhalts jedes der Fächer erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Optimierung durch Minimierung oder Maximierung einer Funktion erfolgt, deren Extremwert einer optimalen Verteilung des Inhalts der Fächer entspricht.
- 15 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion als die Summe des Quadrats der Differenz zwischen dem Inhalt eines Fachs und dem mittleren Inhalt aller Fächer über alle Fächer definiert ist.
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Optimierung eine simulierte Überarbeitung (recuit simulé) ist.
14. Verfahren nach den Ansprüchen 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Optimierung eine simulierte Verarbeitung ist, für die die angewendeten Störungen von Verschiebungen der fiktiven Gegenstände gebildet werden.

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

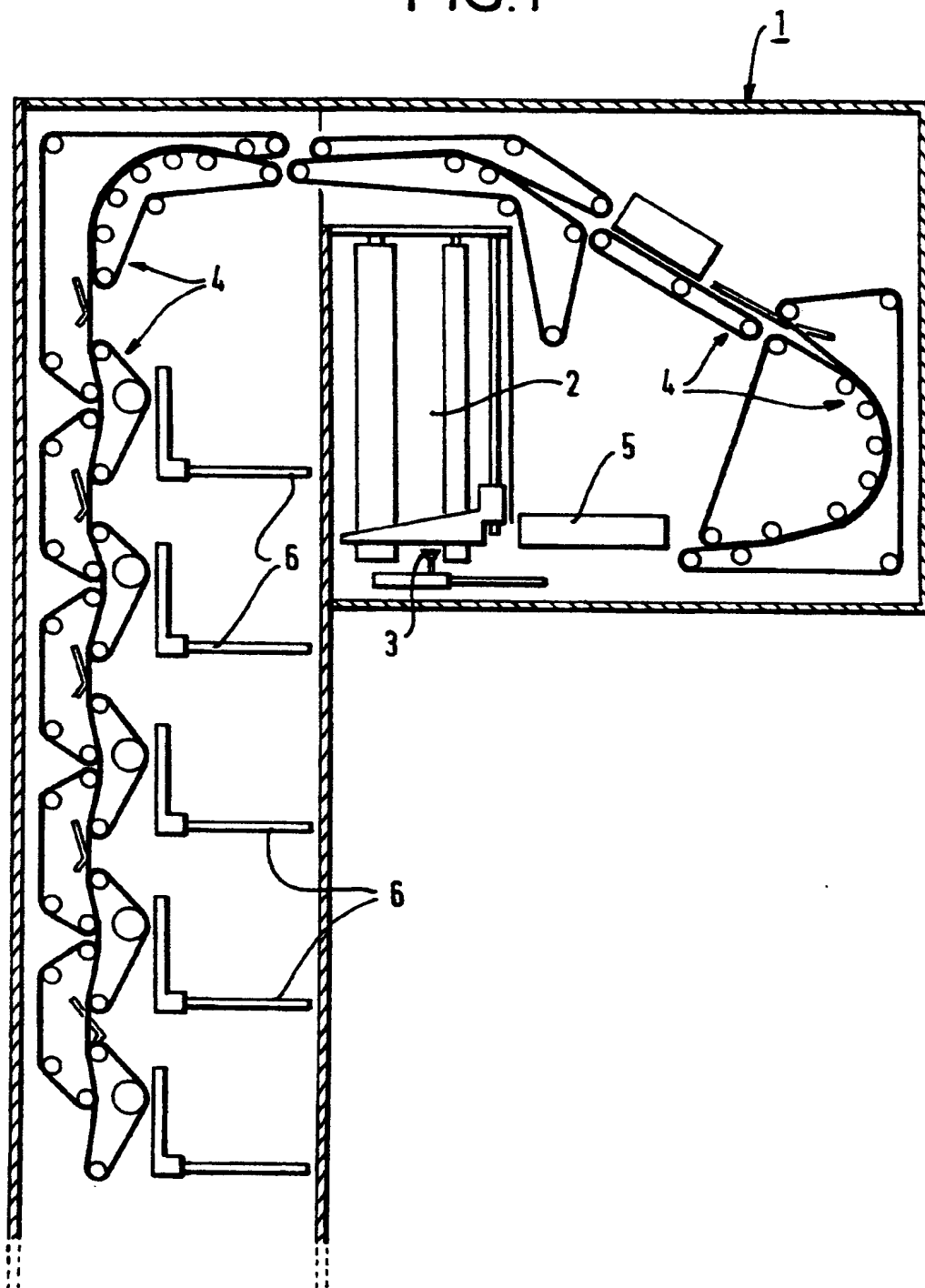


FIG.2

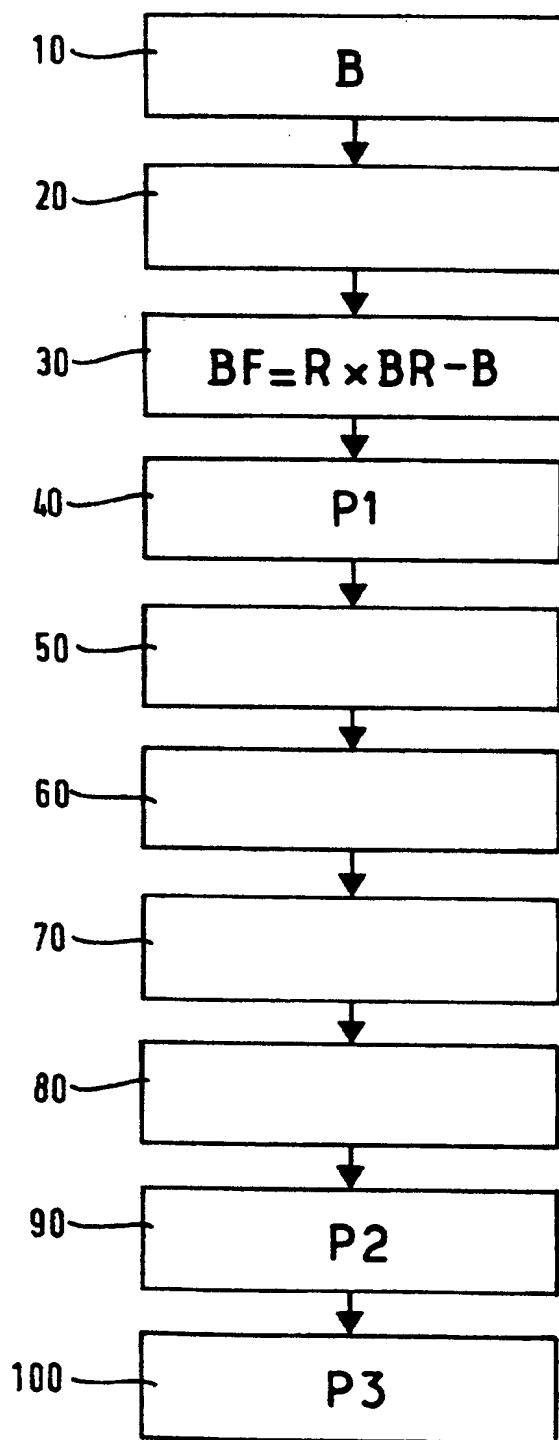


FIG.3

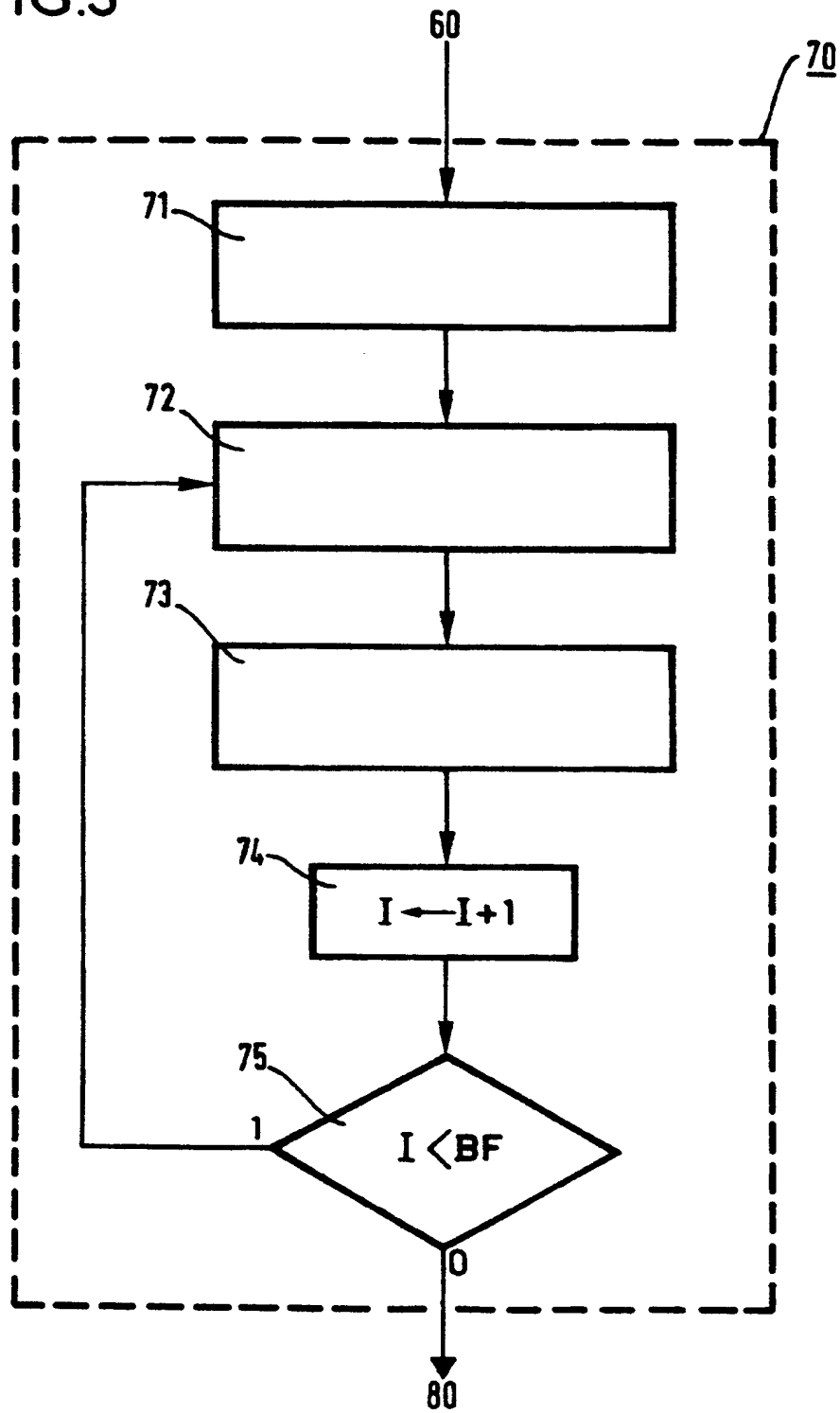


FIG.4

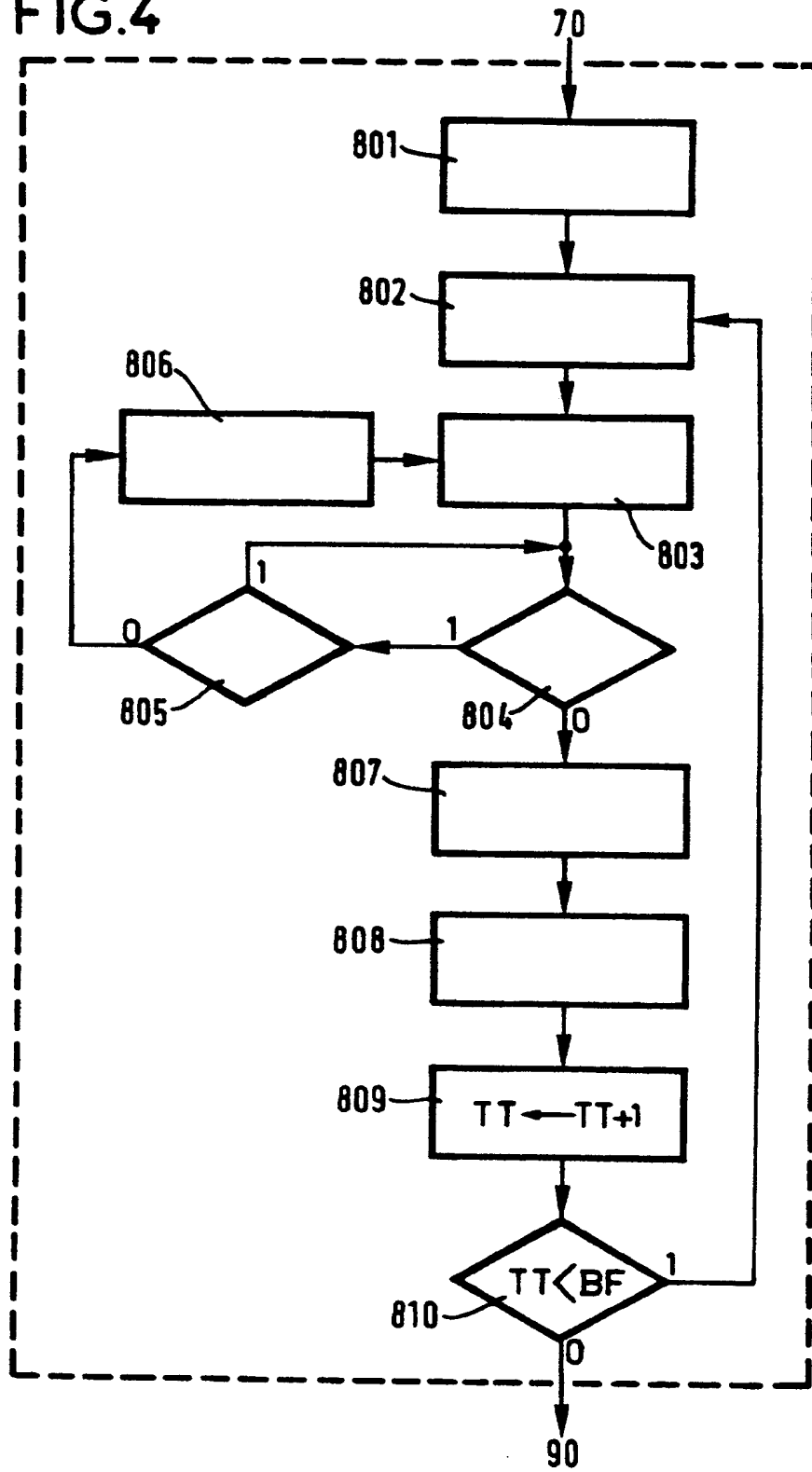


FIG.5

C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	L0
B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	L1
B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	L2
B30	B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38	B39	L3
B40	B41	B42	B43	B44	B45	B46	B47	B48	B49	L4
B50	B51	B52	B53	B54	B55	B56	B57	B58	B59	L5
B60	B61	B62	B63	B64	B65	B66	B67	B68	B69	L6
B70	B71	B72	B73	B74	B75	B76	B77	B78	B79	L7
BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6	BF7	BF8	BF9	BF10	L8
BF11	BF12	BF13	BF14	BF15	BF16	BF17	BF18	BF19	BF20	L9

FIG.6

C0	----									----	C9	
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9			L0
B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	BF1	BF2	BF3			
B17	B18	B19	B20	B21	B22	BF4	BF5	BF6	BF7			
B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	BF8	BF9			
B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	BF10	BF11	BF12			
B38	B39	B40	B41	B42	B43	B44	B45	B46	BF13			
B47	B48	B49	B50	B51	B52	B53	B54	BF14	BF15			
B55	B56	B57	B58	B59	B60	B61	BF16	BF17	BF18			
B62	B63	B64	B65	B66	B67	B68	B69	B70	BF19			
B71	B72	B73	B74	B75	B76	B77	B78	B79	BF20			L9

FIG.7

C0-----C9

B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	L0
B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	BF1	BF2	BF3	
B17	B18	B19	BF4	B20	B21	B22	BF5	BF6	BF7	
B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	BF8	BF9	
B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	BF10	BF11	BF12	
B38	B39	B40	B41	B42	B43	B44	B45	B46	BF13	
B47	B48	B49	B50	B51	B52	B53	B54	BF14	BF15	
B55	B56	B57	B58	B59	B60	B61	BF16	BF17	BF18	
B62	B63	B64	B65	B66	B67	B68	B69	B70	BF19	L9
B71	B72	B73	B74	B75	B76	B77	B78	B79	BF20	

FIG.8

C0-----C9

B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	L0
B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	BF1	BF2	BF3	
B17	BF5	B18	BF4	B19	B20	B21	B22	BF6	BF7	
B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	BF8	BF9	
B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	BF10	BF11	BF12	
B38	B39	B40	B41	B42	B43	B44	B45	B46	BF13	
B47	B48	B49	B50	B51	B52	B53	B54	BF14	BF15	
B55	B56	B57	B58	B59	B60	B61	BF16	BF17	BF18	
B62	B63	B64	B65	B66	B67	B68	B69	B70	BF19	L9
B71	B72	B73	B74	B75	B76	B77	B78	B79	BF20	

FIG.9

C0----						----C9				
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	L0 ⋮
B10	B11	B12	B13	B14	B15	BF1	B16	BF2	BF3	
B17	B18	B19	B20	B21	B22	BF4	BF5	BF6	BF7	
B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	BF8	BF9	
B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	BF10	BF11	BF12	
B38	B39	B40	B41	B42	B43	B44	B45	B46	BF13	
B47	B48	B49	B50	B51	B52	B53	B54	BF14	BF15	
B55	B56	B57	B58	B59	B60	B61	BF16	BF17	BF18	
B62	B63	B64	B65	B66	B67	B68	B69	B70	BF19	
B71	B72	B73	B74	B75	B76	B77	B78	B79	BF20	
										L9